

СИСТЕМНАЯ СТРАТЕГИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДВИДЕНИЯ В ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

М.З. ЗГУРОВСКИЙ, Н.Д. ПАНКРАТОВА

Предложены методологические и математические принципы и подходы к реализации стратегии технологического предвидения, которые открывают новые возможности повышения эффективности инновационной деятельности. Разработанный инструментарий позволяет повысить оперативность принятия и реализации стратегически важных решений в процессе управления инновационным развитием предприятий и отраслей промышленности.

Современный этап мирового развития характеризуется высокими темпами глобализации экономических, социальных, экологических и других процессов. Глобальные процессы создали качественно новый эффект развития, который французский экономист М. Гюде четко и полно охарактеризовал короткой фразой: «Будущее перестало походить на прошлое» [1]. Сущность данного эффекта, по нашему мнению, заключается в том, что типовые подходы и методы прогнозирования, ориентированные на исследование эволюционного, постепенного развития, не могут обнаружить и предвидеть изменения процессов, стремительных во времени и скачкообразных по свойствам. Вместе с тем, подобные процессы характерны для современной глобальной динамики мировой системы. Такие свойства динамики обусловлены непрерывным воздействием слабо структурированного, многоуровневого, иерархического, практически неограниченного множества непрерывно изменяющихся позитивных и негативных взаимосвязей, взаимозависимостей и взаимодействий различных процессов, факторов и ситуаций. Результаты такой динамики начали проявляться как «последствия непредвиденные и неприятные» [2].

В сложившихся условиях мировой динамики определяющей тенденцией экономического и социального прогресса становится инновационная деятельность. В более 40 странах мира осуществляется переход от спонтанного развития отдельных отраслей и производств к планомерному формированию и реализации национальных программ инновационного развития производственной и социальной сфер государств [3]. Однако такой переход не только предвещает положительные качественные изменения в стране, но и ставит принципиально новые организационные, технологические, научно-технические и другие задачи, решение которых — необходимое условие для

достижения успеха при реализации программ и проектов инновационного развития [4–9].

Появилась практическая потребность в качественно новых, системно согласованных принципах, подходах, методах выявления возможностей и оценивания перспектив и тенденций развития как цивилизации и мировой экономики в целом, так и направлений и перспектив инновационного развития конкретной страны в частности. В ряде стран и международных организаций начинает интенсивно развиваться аппарат качественного и количественного предвидения динамики различных процессов, который обобщенно принято называть научно-технологическим или технологическим предвидением. Практическая потребность разработки методологического аппарата технологического предвидения в инновационном развитии Украины обоснована в работах [3, 5, 6].

Цель настоящей работы — предложить методологический аппарат стратегии технологического предвидения в инновационном развитии и математический аппарат обработки результатов предвидения в реальных условиях инновационной деятельности.

1. ПРОБЛЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Опыт развитых стран свидетельствует, что переход к инновационному развитию открывает качественно новые возможности в решении проблем производственной и социальной сфер страны в условиях высоких темпов глобализации мировых процессов. В реализации этих возможностей важнейшая роль принадлежит стратегии инновационного развития страны. Очевидно, такая стратегия должна определять основные направления развития стратегически важных отраслей, перспективы производства конкурентоспособной продукции, рациональное использование природных, производственных, кадровых ресурсов и научно-технического потенциала страны и учитывать потребности мирового рынка наукоемких технологий и изделий.

При разработке стратегии необходимо учитывать взаимосвязи, взаимозависимости, взаимодействия различных процессов, факторов и условий национального и мирового рынков наукоемкой продукции, которые существенно влияют на результативность инновационной деятельности. Отсюда следует практическая необходимость решения ряда системных задач, позволяющих выявить их положительные и отрицательные воздействия и выбрать рациональные направления инновационной деятельности. Сложность динамики и неопределенность свойств указанных процессов и факторов требуют предварительных исследований на основе моделей, которые определяют реально существующие взаимосвязи процессов и практически необходимые взаимосвязи субъектов инновационной деятельности. Здесь предлагаются две структурные модели. Одна из них (рис.1) определяет структуру и цели системных взаимосвязей основных организационных субъектов инновационной деятельности (производство, наука, образование) между собой и с рынком интеллектуальной продукции [7].

Другая модель (рис. 2) представляет собой иерархическую организационную структуру управления инновационной деятельностью в масштабах страны в реальных условиях высокого динамизма современного мирового рынка, который определяется динамикой электронной коммерции и бизнесом в высоком темпе [8, 9].



Рис. 1. Структура системных взаимосвязей субъектов инновационной деятельности

Особо следует отметить, что стратегия инновационной деятельности страны принципиально отличается от программы развития страны в условиях плановой экономики, что объясняется не только принципиальными отличиями рыночной экономики от плановой, но и спецификой инновационной деятельности в современных условиях высокого динамизма и глобализации мировых процессов. Главное различие состоит в концептуальной неопределенности, причем неопределенность является концептуальной в том смысле, что в отличие от информационной понимается как единая система неизвестности, неоднозначности и противоречивости взаимосвязанных и взаимозависимых элементов множества разнотипных неопределенностей [10]. Это множество включает неопределенность целей разработки и перспектив конкурентоспособности инновационного изделия; динамики рынков спроса и сбыта конкурирующей продукции; активного противодействия конкурентов; ситуационную неопределенность рисков в динамике разработки, производства, сбыта и эксплуатации инновационной продукции.

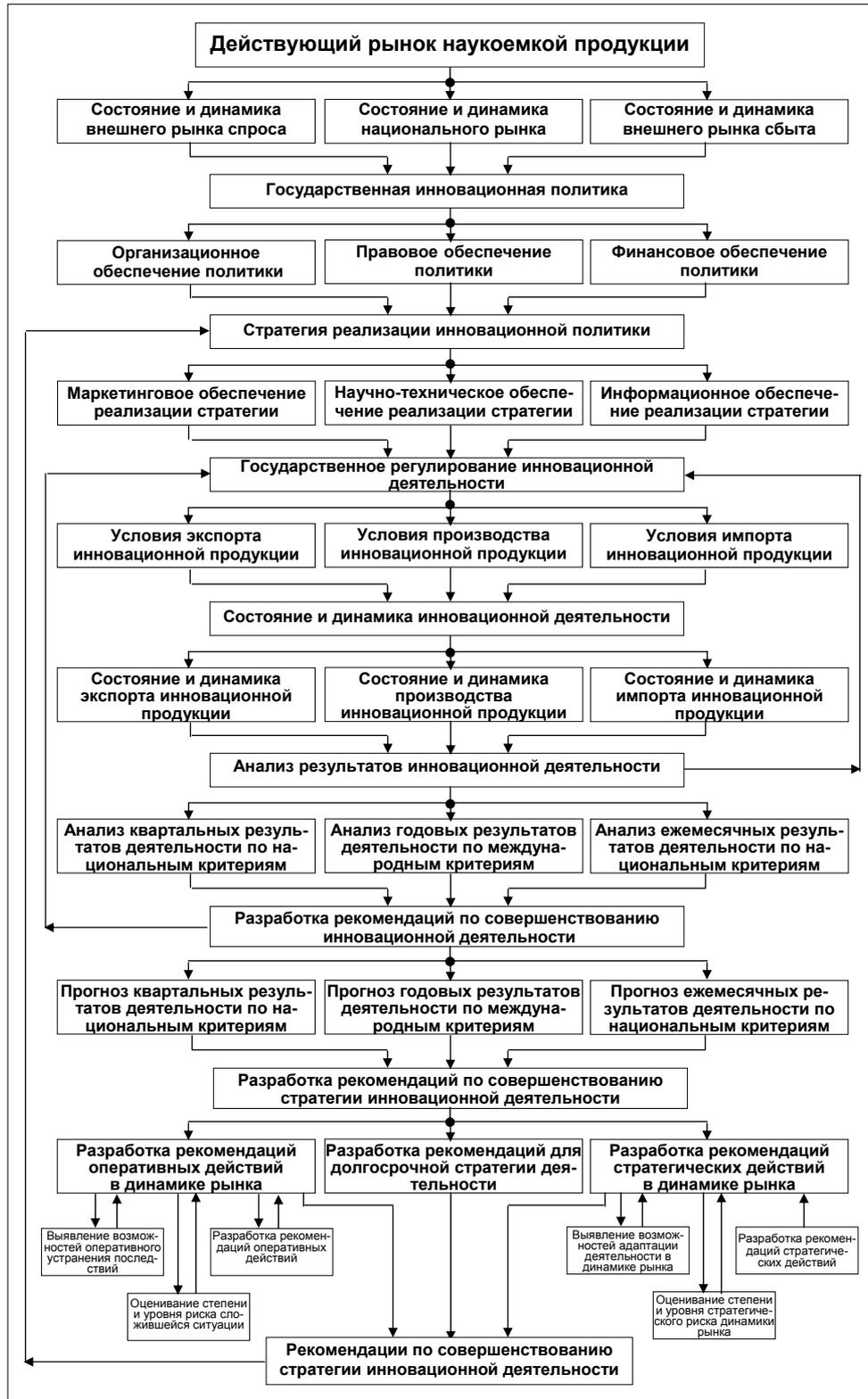


Рис. 2. Структура управления инновационной деятельностью

В этих условиях разработка и реализация стратегии инновационной деятельности в масштабах страны, отрасли или предприятия должны базироваться на новых принципах, системно и согласованно учитывающих действия концептуальной неопределенности, высокий динамизм современного мирового рынка, факторы времени и риска. Предлагается следующий перечень таких принципов:

- рациональность выбора решений и действий в динамике формирования и реализации стратегии;
- разумная осторожность и рациональный риск при формировании и реализации стратегических решений;
- рациональное совместное использование интуиции, опыта и знаний человека (эксперта, системного аналитика, менеджера и/или ЛПР) и вычислительных и интеллектуальных возможностей компьютерных систем;
- рациональное совместное использование возможностей интерактивных и итерационных процедур при формировании и обосновании решений;
- рациональный компромисс между уровнем достоверности и обоснованности оперативного решения и уровнем затрат временных и других ресурсов на его формирование и обоснование.

Для реализации этих принципов требуется, чтобы разработка стратегии инновационной деятельности страны базировалась на результатах стратегии технологического предвидения, поскольку типовые подходы и методы прогнозирования не обеспечивают практически приемлемой полноты и достоверности результатов.

2. ПРОБЛЕМЫ И ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОЙ СТРАТЕГИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДВИДЕНИЯ

Процессы технологического предвидения, в соответствии с основными целями и задачами инновационной деятельности, должны базироваться на стратегии и методах экспертных процедур [6]. Однако организация и реализация экспертизы в технологическом предвидении принципиально отличаются от типовых экспертных процедур по многим показателям и свойствам, в первую очередь, по требованиям, которые определяются целями, задачами и спецификой конкретной инновационной деятельности. Вместе с тем, имеются общие требования, которые обусловлены факторами, характерными для любого вида инновационной деятельности.

Требования к экспертным процедурам технологического предвидения. Экспертные процедуры технологического предвидения в инновационной деятельности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать адекватное соответствие поставленных целей исследования реальным условиям инновационной деятельности;
- реализовывать практически приемлемую достоверность экспертного оценивания исследуемых объектов инновационной деятельности в реальных условиях концептуальной неопределенности;
- предоставлять каждому эксперту как возможность полноценной реализации своих морально-психологических качеств, знаний, опыта, интуиции и предвидения, так и возможность доказывать и обосновывать свое мнение;
- исключать в динамике формирования информационной базы экспертизы отбраковку любой индивидуальной оценки каждого эксперта на основании средних статистических показателей группированных данных,

существенного отличия от других оценок или наличия только единственной оценки;

- выявлять полный диапазон мнений (от сугубо пессимистичного до особо оптимистичного) по каждому количественному показателю, качественному и латентному свойству исследуемого объекта;
- обеспечивать в режиме группового согласования конечных результатов такие условия для полноценной реализации коллективом своих общих возможностей, которые позволят находить рациональный компромисс в процессе формирования и согласования оценок при учете индивидуальных мнений и уровня компетентности каждого эксперта.

Разработка и обоснование принципов системной стратегии технологического предвидения. Сформулированные требования выдвигают ряд принципиально новых проблем в стратегии технологического предвидения, среди которых, в первую очередь, следует выделить проблемы разработки новых принципов экспертного оценивания в технологическом предвидении. Стратегия технологического предвидения должна не только удовлетворять новым требованиям, но и соответствовать складывающимся условиям инновационной деятельности и корректироваться синхронно с изменениями конъюнктуры рынка соответствующего класса продукции. Корректировка стратегии должна адаптироваться к оперативным изменениям конъюнктуры рынка при сохранении стратегических целей национального производства. В свою очередь, стратегические цели должны быть согласованы с долгосрочными тенденциями развития мирового рынка конкурирующей продукции и динамикой развития соответствующей национальной отрасли производства.

Необходимость разработки новых принципов экспертных процедур диктуется не только указанными выше факторами и особенностями инновационной деятельности, но и принципиальными отличиями условий технологического предвидения от типовых условий экспертизы. Типовая экспертная деятельность ориентирована на интуитивное выполнение логического анализа объектов или процессов действительности на основе сравнения, упорядочения, систематизации, группировки, измерения, классификации и других процедур [11, 12]. В частности, классификация может выполняться как упорядочение объектов по степени возрастания (или убывания) определенного признака, количественные (или качественные) показатели которого для всех объектов известны, могут быть измерены или вычислены. Аналогично реализуются другие экспертные процедуры. По существу, возможность получения исходной информации с необходимой полнотой означает, что экспертный исследователь (каждый эксперт в отдельности или экспертная группа в целом) априорно имеет подтверждение того, что соответствующая процедура экспертизы обязательно выполняема. Более того, при таком информационном обеспечении можно по результатам экспертизы сделать достоверное утверждение о практической осуществимости технологии, продукции или иных исследуемых изделий, процессов, мероприятий. Такие условия выполняются полностью на практике для достаточно широкого класса прикладных задач. В теоретическом аспекте этот подход соответствует принципу потенциальной осуществимости, который принят в интуитивистской логике [13]. Его сущность состоит в том, что исследователь априорно знает, доказывает или постулирует, что определенная процедура является потенциально реализуемой, осуществимой, и потому он может от-

влекаться от ограниченности своих ресурсов в пространстве и во времени. Более того, в случае реализации принципа потенциальной осуществимости выполняются условия для принципа сохранности интуиционистской логики.

Сущность принципа сохранности: если истинность некоторого утверждения, мнения или вывода установлена, выявлена или доказана, то она сохраняется и в будущем [13]. Следует отметить, что приведенные условия и принципы позволяют не только существенно упростить решение многих важных теоретических и практических задач, но и создавать различные автоматические системы классификации, сравнения, измерения, отбраковки различной продукции, что дает возможность исключить участие человека в экспертных процедурах.

Однако принципиально иные условия характерны для экспертной процедуры технологического предвидения. Высокий динамизм конкуренции инновационной продукции на мировом рынке создал принципиально иные условия инновационной деятельности, которые характеризуются не только концептуальной неопределенностью динамики рынка, но и многофакторным риском несвоевременности реализации и быстрого морального старения инновационного изделия, предлагаемого в проекте, а также из-за отсутствия технологических возможностей его реализации. В частности, для инновационного проекта характерна неполнота и неопределенность информации о многих свойствах и особенностях восприятия инновационного изделия на рынке, например, об отношении к нему потенциальных потребителей и конкурентов. Отсюда следует, что экспертные процедуры технологического предвидения нельзя реализовать в типовом варианте экспертизы, главным требованием которого является наличие полноты и определенности исходной информации об исследуемом объекте. Следовательно, экспертиза технологического предвидения должна не только соответствовать принципиально новым требованиям, но и содержать принципиально новые свойства и принципы организации и реализации экспертных процедур.

Экспертные процедуры в технологическом предвидении должны быть организованы и реализованы на основе технологий, позволяющих недостаточность и неопределенность исходной информации об исследуемом инновационном объекте дополнять, компенсировать знаниями, опытом, интуицией и предвидением человека. В этом случае результаты экспертизы становятся зависимыми от многих новых факторов риска, которые практически исключены в групповой стратегии типовой экспертизы. Среди них особо следует выделить зависимость результатов экспертизы от способностей, знаний, опыта, умения Заказчика определить цели и задачи экспертизы, Руководителя экспертизы — выбрать стратегию экспертизы и сформировать коллектив экспертов и, что особо важно, от способностей, знаний, опыта, умения, интуиции и предвидения каждого Эксперта. Отметим также, что в условиях неопределенности появляется зависимость от внешних факторов и времени, в частности, от объема и уровня исследования в научных направлениях, имеющих прямое или косвенное отношение к исследуемому инновационному объекту. Сущность этой зависимости — принципиальная возможность изменения оценок инновационного объекта в течение относительно короткого времени. И то, что сегодня является неизвестным или не установленным, не обязательно нереализуемо. Оно завтра может быть известным, реализуемым и очень необходимым широко востребованным из-

делием. Наиболее впечатляющий пример — персональный компьютер. Но не исключено, что завтра будет доказано: реализация инновационного технического решения или изделия принципиально невозможна.

Следовательно, в инновационной деятельности действуют условия и факторы, исключающие априорное постулирование потенциальной реализуемости инновационного проекта или изделия. И, как следствие, исключается возможность реализации принципа сохранности во времени истинности экспертного утверждения, мнения или вывода. Отсюда следует, что в инновационной деятельности должны действовать иные принципы, которые учитывают ее концептуальную неопределенность, и потому по своим свойствам кардинально отличаются от законов интуиционистской логики — потенциальной осуществимости и сохранности [13].

На основе анализа экспертных процедур инновационной деятельности могут быть предложены следующие принципы. Вместо принципа потенциальной осуществимости предлагается принцип возможной реализуемости.

Принцип возможной реализуемости. Результаты первичного оценивания экспертами определенных инновационных объектов (научных идей или технических решений, или проектов промышленных изделий, или производственных технологий) не могут гарантировать их практическую реализуемость или принципиальную неосуществимость.

Этот принцип постулирует: для перечисленных инновационных объектов на основе результатов экспертного оценивания представленной информации априорно нельзя получить достоверную оценку, которая позволила бы обоснованно и достоверно исключить для исследуемого объекта возможность оказаться нереализуемым. Оценка инновационного проекта сохраняет неопределенность вывода о реализуемости, пока для предлагаемого в нем изделия не будет доказана теоретически или экспериментально принципиальная возможность технической и технологической осуществимости.

Вместо принципа сохранности истинности, который постулирует неизменность теоретического или технического утверждения, суждения, вывода или мнения о конкретном объекте в течение достаточно длительного времени, необходим качественно иной принцип. Такая потребность непосредственно следует из предыдущего принципа и практики инновационной деятельности, ибо экспертные оценки в условиях концептуальной неопределенности не могут длительное время оставаться неизменными. В процессе научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы не только накапливаются новые знания о разрабатываемом изделии, но и могут изменяться представления о свойствах, назначении, сферах применения изделия, появляться новые изобретения, технические решения и другие ноу-хау. Следовательно, новый принцип должен отражать вероятностные свойства сохранности во времени результатов первоначального оценивания инновационного объекта, и потому будем его называть принципом вероятностной сохранности.

Принцип вероятностной сохранности. Результаты первичного оценивания экспертами определенных инновационных идей или технических решений, или промышленных изделий, или производственных технологий являются вероятностными, и не гарантируется их сохранность во времени.

Этот принцип постулирует: полученные в условиях концептуальной неопределенности результаты первичной экспертизы в виде положительных

или отрицательных выводов, предложений или рекомендаций не являются неизменными и могут со временем принципиально измениться и быть подтвержденными или опровергнутыми. Следовательно, не исключается в течение определенного времени как сохранность истинности экспертных утверждений, мнений или выводов, так и возможность их опровержения.

На основе введенных принципов сформулируем ряд постулатов о свойствах процессов технологического предвидения и результатов инновационной деятельности. Представим их в виде следующих утверждений.

Утверждение 1. При выполнении технологического предвидения или экспертного исследования нового изделия инновационного проекта, не имеющего аналогов и прототипов экспериментально подтвержденных изобретений или реально осуществленных объектов, принципиально невозможно сформировать достоверную оценку его практической реализуемости. В таких условиях оценка может определять только вероятность потенциальной возможности осуществимости проекта. Доказательство потенциальной осуществимости или неосуществимости изделия инновационного проекта в целом или его части должно базироваться на основе теорий, априорно подтвержденных практикой, или на основе впервые реализованных экспериментов, достоверность которых может подтверждаться многократно.

Утверждение 2. Неполноту и неопределенность исходной информации об инновационном объекте исследования в условиях концептуальной неопределенности можно лишь частично дополнять и/или компенсировать знаниями, опытом, интуицией и предвидением человека. Более полное раскрытие концептуальной неопределенности возможно на основе впервые реализованных вычислительных и технических экспериментов, базирующихся на положениях теорий, априорно подтвержденных практикой, достоверность которых может подтверждаться многократно.

Утверждения следуют не только из свойств концептуальной неопределенности и принципиальной ограниченности знаний человека, но и подтверждаются теоремой Гёделя о неполноте.

Утверждение 3. Неполнота и неопределенность исходной информации об объекте исследования в условиях концептуальной неопределенности могут изменяться во времени по мере выполнения исследования объекта и накопления знаний в соответствующей предметной области.

Утверждение следует из возможности повышения знаний человеком со временем и подтверждается теоремой Гёделя о непротиворечивости.

Утверждение 4. Неполнота и неопределенность исходной информации об объекте исследования в условиях концептуальной неопределенности позволяют сформировать экспертное мнение о потенциальной осуществимости исследуемого нереализованного инновационного технического решения, технологии или изделия только с некоторой субъективной степенью достоверности и уверенности эксперта.

Утверждение 5. Неполнота и неопределенность исходной информации об инновационном объекте исследования не позволяют гарантировать сохранность во времени результатов их оценивания экспертами. Но не исключаются в течение определенного времени как сохранность истинности экспертных утверждений, мнений или выводов, так и возможность их опровержения.

Утверждение 6. Для инновационных идей, технических решений или производственных технологий, не имеющих аналогов и прототипов, не исключаются как возможность быть осуществленными, так и возможность быть принципиально нереализуемыми. Доказательство потенциальной осуществимости или неосуществимости таких инновационных объектов должно базироваться на основе теорий, априорно подтвержденных практикой, или на основе впервые реализованных экспериментов, достоверность которых может подтверждаться многократно.

Требования к процедурам экспертного оценивания в технологическом предвидении. Сформулированные утверждения доказывают, что для инновационных объектов, не имеющих аналогов и прототипов реально осуществленных объектов, не исключаются как возможность быть осуществленными, так и возможность быть принципиально нереализуемыми. Отсюда следует ряд практически важных требований к процедурам экспертного оценивания в технологическом предвидении.

Во-первых, в процессе выполнения этих процедур требуется не только оценивать свойства, достоинства и недостатки инновационных объектов, но и оценивать вероятности их реализуемости на практике. Далее, принимая во внимание, что оценки экспертов субъективны, целесообразно ввести дополнительный показатель, который должен определять степень уверенности эксперта в принятой оценке. Введение таких показателей открывает возможность значительно повысить достоверность итоговой оценки объекта, так как группа экспертов формируется на основе априорно известного уровня компетентности каждого эксперта и возможности учета этого уровня в процессе обработки результатов экспертизы.

Во-вторых, при выполнении экспертного оценивания инновационных объектов в процессе технологического предвидения целесообразно вводить латентные показатели оценки качества проекта и предлагаемых в нем инновационных объектов. В частности, такие показатели должны характеризовать практическую необходимость, технологическую возможность и экономическую целесообразность реализации исследуемого объекта. Чтобы получить согласованные количественные и качественные оценки этих показателей требуется обеспечить однозначное понимание каждым экспертом содержания и смысла оцениваемых свойств объектов экспертизы. Для этого необходимо обеспечить однозначность толкования соответствующих понятий. Предлагаются следующие определения латентных показателей инновационной продукции.

Практическая необходимость — наличие достаточно высокой рыночной потребности в инновационной продукции, которая предлагается в исследуемом проекте или имеет определенный спрос и сбыт на национальном и внешнем рынках.

Технологическая возможность — наличие или возможность разработки материалов и комплектующих изделий, оборудования и технологий для серийного производства инновационной продукции.

Экономическая целесообразность — наличие реальных условий и обоснованной перспективы рынка спроса и сбыта для получения приемлемого уровня технико-экономической эффективности инновационной продукции.

Важнейшая особенность латентных показателей инновационных проектов и изделий — их взаимоисключающая зависимость. Она выражается в такой взаимной системной согласованности условий реализации свойств, при которой отсутствие любого из них исключает потребность в реализации других свойств. Например, отсутствие рыночной востребованности инновационной продукции исключает необходимость и целесообразность ее промышленного производства. Следующая важная особенность — противоречивость требований к внутренним и внешним свойствам инновационной продукции. Это следует из противоположности технико-экономических интересов производителей продукции, которые выражаются внутренними свойствами (себестоимость, технико-экономическая эффективность, удобство производства и т.д.), и социально-рыночных интересов ее потенциальных потребителей, которые выражаются внешними свойствами (цена, эстетичность, качество, удобство использования и т.д.). Из других особенностей следует отметить невозможность непосредственного количественного оценивания обобщенных свойств, поскольку они зависят не только от количественных и качественных показателей инновационной продукции, но и от множества разнообразных факторов. Состав и степень их воздействия не всегда можно контролировать и прогнозировать. Среди неконтролируемых факторов важнейшее значение имеют различные факторы риска в динамике поочередной последовательности стадий жизненного цикла продукции. Особо следует выделить значимость рисков производственной реализуемости и рыночной востребованности инновационной продукции. Их воздействия могут существенно уменьшить технико-экономическую эффективность производства или даже сделать производство нерентабельным.

3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ ПРОЦЕДУР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДВИДЕНИЯ

Формализацию и реализацию экспертных процедур технологического предвидения рассмотрим на примере задачи выявления перспективности изделий новой техники, предлагаемых в инновационных проектах.

Математическая постановка задачи. На экспертизу представлено конечное множество O_o инновационных проектов O_n , $O_n \in O_o$, $O_o = \{O_n \mid n = \overline{1, N}\}$ изделий новой техники. Каждый проект основывается на новых идеях, которые реализуются в форме инновационных технических решений. Инновационные решения каждого проекта отличаются от решений других проектов и не имеют аналогов и прототипов. Изделия относятся к одной отрасли практической деятельности, но различаются назначением, техническими решениями, ожидаемым технико-экономическим эффектом и требуемыми затратами на жизненный цикл. Каждое изделие $O_n \in O_o$ характеризуется конечным множеством $Q_{on} = \{Q_{nj} \mid j = \overline{1, J_n}\}$ показателей Q_{nj} качества.

Требуется количественно и качественно оценить практическую необходимость, технологическую возможность и экономическую целесообразность реализации каждого изделия новой техники, которые предлагаются в представленных проектах.

Принципиальные отличия задачи от типовых задач экспертизы.

Сформулированная задача принципиально отличается от типовых задач экспертизы многими особенностями и свойствами, что обусловлено реальной спецификой инновационной деятельности. Во-первых, задача формализована только в части вербального описания объектов экспертизы, но не формализованы показатели, на основе которых можно оценивать и сравнивать изделия, предлагаемые в инновационных проектах. В частности, отсутствуют какие-либо характеристики свойств и показателей, которые определяют практическую необходимость, технологическую возможность и экономическую целесообразность реализации изделий. Непосредственное сравнение изделий по их показателям качества исключается, поскольку они принципиально различаются по назначению. Более того, в задаче отмечается, что инновационные решения каждого проекта не имеют аналогов и прототипов, и тем самым исключается даже наглядное сопоставление по качеству спроектированных изделий с реально существующими объектами. Во-вторых, требуется дать количественно и качественно обоснованные оценки таких свойств объектов, которые определяются множеством объективных и субъективных факторов и условий. Более того, эти факторы и условия воспринимаются по-разному потенциальными потребителями инновационных изделий, в частности, для одних они будут необходимыми, а для других — ненужными.

Перечень подобных принципиальных отличий сравниваемых задач можно существенно расширить, но и приведенных сравнений достаточно для вывода о необходимости принципиально нового подхода к формализации и реализации экспертных процедур в процессе инновационной деятельности. Прежде всего, требуется разработать математические модели, которые обеспечат возможность количественного сравнения основных свойств объектов, представленных на экспертизу. Такое сравнение должно обеспечиваться на основе латентных показателей, определяющих важнейшие свойства продукции в условиях глобальной конкуренции и высокого динамизма мирового рынка. Среди таких свойств инновационной продукции, в первую очередь, необходимо отметить конкурентоспособность и перспективность спроса.

Математические модели нечеткого оценивания инновационной продукции. При разработке инновационной продукции в условиях рыночной экономики важнейшей задачей является своевременное выявление ее практической применимости в определенной сфере деятельности или быта, технологической реализуемости в существующем или потенциально возможном производственном цикле и, как следствие, экономической целесообразности ее серийного производства. Однако на стадии проектирования не существует количественных и качественных показателей, позволяющих однозначно оценить перечисленные свойства инновационной продукции любого назначения. Более того, их в принципе не может быть. Это непосредственно следует из многообразия конструктивных, социальных, эстетических, этнических и других аналогичных факторов, существенно влияющих на оценку потребителем необходимости или невозможности покупки инновационной продукции. Поэтому может оказаться, что инновационная продукция, которая по мнению разработчиков и производителей должна пользоваться массовым спросом, реально имеет крайне ограниченный сбыт и, как следствие, ее производство нерентабельно и катастрофически убыточно. Отсюда следует, что при оценивании перспективности сбыта иннова-

ционной продукции необходимо учитывать не только ее потребительские свойства, но также факторы и особенности процедуры выбора предлагаемой инновационной продукции в реальных условиях высокого динамизма непрерывного обновления номенклатуры рынка. В этих условиях особое внимание следует уделить факторам, определяющим конкурентоспособность и перспективность спроса продукции.

Данные факторы и особенности будем учитывать при формировании математических моделей экспертного оценивания инновационной продукции. Следуя [14], используем экспертную процедуру, в которой исходная информация предоставляется каждому эксперту в режиме on-line в форме многоуровневой шкалы (табл.1).

Таблица 1. Оценивание перспективности спроса инновационного изделия

Номер уровня	Качественная характеристика s -го уровня	Количественная характеристика s -го уровня	Оценка μ_{njs}^k k -м экспертом возможности реализации	Степень уверенности ν_{njs}^k k -го эксперта в оценке
1.	Чрезвычайно низкий	[0÷0,1]	0,05	0,99
2.	Очень низкий	[0,1÷0,25]	0,15	0,75
3.	Низкий	[0,25÷0,4]	0,4	0,85
4.	Средний	[0,4÷0,6]	0,9	0,97
5.	Высокий	[0,6÷0,75]	0,45	0,87
6.	Очень высокий	[0,75÷0,9]	0,05	0,98
7.	Чрезвычайно высокий	[0,9÷1]	0,01	0,99

Шкала определяет потенциально возможный, нормированный диапазон мнений об исследуемом свойстве инновационного проекта, изделия или других видов продукции в виде качественных и количественных сведений для каждого уровня градаций. Такой подход позволяет унифицировать процедуру оценивания инновационной продукции и сделать ее одинаково применимой для оценки количественных показателей, качественных и латентных свойств. В дальнейшем, для краткости, будем употреблять термин — показатель.

Исходная информация представляется эксперту последовательно о каждом показателе каждого представленного проекта. Оценивание каждого j -го показателя n -го проекта выполняется независимо каждым экспертом непосредственно для каждого уровня $s = \overline{1, S}$ шкалы. Компьютерная система экспертного опроса на основе представленных каждым k -м экспертом результатов формирует оценку j -го показателя n -го проекта в следующем виде:

$$\tilde{Q}_{nj}^k = \left\langle \tilde{Q}_{njs}^k \mid n \in N_0; j \in J_{0n}; k \in K_0; s = \overline{1, S} \right\rangle, \quad (1)$$

$$\tilde{Q}_{njs}^k = \left\langle Q_{njs}, \mu_{njs}^k \mid n \in N_0; j \in J_{0n}; k \in K_0; s \in S_0 \right\rangle,$$

где μ_{njs}^k определяет результат k -го эксперта оценивания j -го показателя n -го проекта на уровне $s \in S_0$ шкалы; целочисленные множества $K_0 = \langle k | k = \overline{1, K} \rangle$, $N_0 = \langle n | n = \overline{1, N} \rangle$, $J_{0n} = \langle j | j = \overline{1, J_n} \rangle$ характеризуют соответственно количество экспертов, количество представленных проектов, количество показателей качества n -го проекта.

Оценка k -м экспертом n -го проекта в целом формируется системой экспертного опроса в виде массива

$$\tilde{Q}_n^k = \left\{ \left\langle \tilde{Q}_{nj}^k ; v_{nj}^k \right\rangle \mid n \in N_0 ; j = \overline{1, J_n} ; k \in K_0 \right\}, \quad (2)$$

где

$$v_{nj}^k = \left\{ v_{njs}^k \mid n \in N_0 ; k \in K_0 ; j \in J_{0n} ; s = \overline{1, S} \right\}.$$

Здесь v_{njs}^k определяет степень уверенности k -го эксперта в принятой оценке j -го показателя n -го проекта на уровне $s \in S_0$. Результаты экспертизы n -го проекта всеми экспертами формируются системой экспертного опроса в виде массива

$$\tilde{Q}_n = \left\{ \tilde{Q}_n^k \mid n \in N_0 ; k = \overline{1, K} \right\}. \quad (3)$$

Последовательное представление экспертами результатов оценивания всех проектов позволяет сформировать итоговый массив экспертных оценок

$$\tilde{Q}_\Sigma = \left\{ \tilde{Q}_n \mid n = \overline{1, N} \right\}. \quad (4)$$

Формулы (1)–(4) являются исходными математическими моделями для формирования искомого решения исследуемой задачи.

Экспертное разрешение концептуальной неопределенности в инновационной деятельности. При формировании последующих процедур решения задачи необходимо учитывать концептуальную неопределенность задачи и особенности стратегии экспертизы в инновационной деятельности. В рассматриваемой задаче требуется оценить практическую необходимость, технологическую возможность и экономическую целесообразность реализации каждого изделия новой техники, предлагаемого в представленных инновационных проектах. Однако исходные вербальные характеристики свойств — *необходимость*, *возможность* и *целесообразность* — являются латентными понятиями, которые непосредственно нельзя измерить, вычислить или промоделировать. Более того, даже в достаточно близких практических приложениях они могут отражать различное содержание и потому не имеют общепринятых определений и каких-либо количественных и качественных показателей.

Отсюда следует, что каждый потенциальный потребитель может по своему, интуитивно, на основе опыта, привычек или каких-то других факторов оценивать необходимость или не востребованность предлагаемой инновационной продукции. И вполне очевидно, что такая оценка может принципиально отличаться от оценок разработчиков и производителей,

заинтересованных в производстве и сбыте продукции. Отсюда следует необходимость в состав экспертов включать представителей разных социальных слоев населения, а также специалистов разных специальностей, имеющих непосредственное отношение к исследуемому классу изделий на всех стадиях их жизненного цикла. Учитывая различие взглядов такого состава экспертов, целесообразно реализовать индивидуальную стратегию оценивания, в соответствии с которой каждый эксперт не знает количества и состава экспертов, выполняющих экспертизу, и не получает никакой информации о ее результатах. Такой подход, во-первых, позволяет исключить влияние мнений авторитетов на индивидуальную оценку каждого эксперта и, во-вторых, открывает возможность расширить диапазон мнений от сугубо пессимистичного до особо оптимистичного.

Формирование и обоснование классов оценивания инновационной продукции. Для анализа всего спектра оценок и выявления его распределения по диапазону мнений целесообразно ввести следующие классы: Ω_1 — сугубо пессимистичных оценок, Ω_2 — пессимистично рациональных оценок, Ω_3 — рационально прагматичных оценок, Ω_4 — рационально оптимистичных оценок, Ω_5 — особо оптимистичных оценок. Формирование этих классов в диапазоне мнений зависит от многих факторов, в частности, от степени и уровня риска ошибочных или недостаточно компетентных оценок, от обоснованности и значимости инновационных технических решений, от принятой шкалы оценивания и т.д. Кроме того, классы могут быть ограничены определенными условиями. Наиболее характерными и практически необходимыми можно полагать следующие условия:

$$\Omega_p \cap \Omega_{p+1} = 0; \quad \forall p \in \overline{1,4} \quad (a); \quad \Omega_p \cap \Omega_{p+1} \neq 0; \quad \forall p \in \overline{1,4} \quad (b). \quad (5)$$

Формализованное описание классов рассмотрим на примере класса Ω_1 . Системную модель этого класса представим в виде следующей последовательности соотношений:

$$\begin{aligned} \Omega_1 &= \left\{ \Omega_1^{n_1} \mid n_1 = \overline{1, N_1} \right\}; \quad \Omega_1^{n_1} = \left\{ \tilde{Q}_{n_1}^{k_1} \mid n_1 \in N_{01}; k_1 = \overline{1, K_1} \right\}, \\ \tilde{Q}_{n_1}^{k_1} &= \left\{ \tilde{Q}_{n_1 j_1}^{k_1} \mid n_1 \in N_{01}; k_1 \in K_{01}; j_1 = \overline{1, J_1} \right\}, \\ \tilde{Q}_{n_1 j_1}^{k_1} &= \left\{ \tilde{Q}_{n_1 j_1 s_1}^{k_1} \mid n_1 \in N_{01}; k_1 \in K_{01}; s_1 = \overline{1, S_1} \right\}, \\ \tilde{Q}_{n_1 j_1 s_1}^{k_1} &= \left\{ Q_{n_1 j_1 s_1}^{k_1}, \mu_{n_1 j_1 s_1}^{k_1} \mid n_1 \in N_0; k_1 \in K_{01}; s_1 \in S_{01} \right\}, \end{aligned} \quad (6)$$

где ограничения на основные показатели $Q_{n_1 j_1 s_1}^{k_1}$ и $\mu_{n_1 j_1 s_1}^{k_1}$ определяются соотношениями

$$\begin{aligned} Q_{s_1}^- &< Q_{n_1 j_1 s_1} \leq Q_{s_1}^+; \quad n_1 \in N_{01}; k_1 \in K_{01}; s_1 \in S_{01}, \\ \mu_{s_1}^- &\leq \mu_{n_1 j_1 s_1}^{k_1} \leq \mu_{s_1}^+; \quad n_1 \in N_{01}; k_1 \in K_{01}; s_1 \in S_{01}. \end{aligned} \quad (7)$$

В модели (7) принято, что множества $K_{01}, N_{01}, J_{01}, S_{01}$ являются частью соответственно множеств K_0, N_0, J_0, S_0 и состоят из переменных k_1, n_1, j_1, s_1 , значения которых соответствуют условиям (7).

Границы интервалов для показателей $Q_{n_1 j_1 s_1}$ и $\mu_{n_1 j_1 s_1}^{k_1}$ формируются на основе принятой многоуровневой шкалы. При их определении необходимо учитывать одно из условий (5), а также особенности представления исходной информации экспертам. В условиях концептуальной неопределенности динамики и результатов инновационной деятельности целесообразно представлять количественную и качественную информацию в виде многоуровневой шкалы. В этом случае границы интервалов для показателей $Q_{n_1 j_1 s_1}$ определяются на основе количественной информации, предоставленной для каждого уровня шкалы. В качестве примера предлагаются варианты границ интервалов для введенных классов, разработанные на основе количественной информации шкалы (см. табл. 1) с учетом взаимозависимостей классов в виде условий (5a) и (5b). Варианты границ приведены в табл.2.

Таблица 2. Границы классов оценивания инновационных проектов

Класс	Условие 5a		Условие 5b	
Ω_1	$Q_1^- = 0,001$	$Q_1^+ = 0,199$	$Q_1^- = 0,0$	$Q_1^+ = 0,25$
Ω_2	$Q_2^- = 0,2$	$Q_2^+ = 0,399$	$Q_2^- = 0,2$	$Q_2^+ = 0,45$
Ω_3	$Q_3^- = 0,4$	$Q_3^+ = 0,599$	$Q_3^- = 0,4$	$Q_3^+ = 0,65$
Ω_4	$Q_4^- = 0,6$	$Q_4^+ = 0,799$	$Q_4^- = 0,6$	$Q_4^+ = 0,85$
Ω_5	$Q_5^- = 0,8$	$Q_5^+ = 0,999$	$Q_5^- = 0,8$	$Q_5^+ = 1,0$

Формирование и обоснование показателей системного оценивания качества экспертизы. Качество итоговых результатов экспертного оценивания проектов в процессе инновационной деятельности является одним из определяющих факторов успеха или неудачи на рынке сбыта инновационной продукции. Вместе с тем, принципы и методы оценивания качества конечных результатов типовой экспертизы, реализующиеся при априорно известных количественных показателях исследуемых объектов, не могут применяться в условиях инновационной деятельности, в которой инновационные изделия и проекты характеризуются концептуальной неопределенностью. В этих условиях оценивание целесообразно выполнять на основе теории нечетких множеств. Тогда каждый показатель инновационной продукции характеризуется нечетким множеством, описываемым соотношением (2). Количество элементов множества соответствует числу градаций многоуровневой шкалы оценивания (см. табл.1).

Для нечетких величин $\tilde{Q}_{njs}^k = \langle Q_{njs}, \mu_{njs}^k \rangle$ модели (1) наиболее сложным процессом является формирование границ для μ_{njs}^k в каждом классе $\Omega_1, \dots, \Omega_5$, что обусловлено многими причинами. Во-первых, границы фор-

мируются на основе индивидуальных, интуитивных оценок экспертов, которые отражают противоречивые интересы и взгляды представителей различных социальных слоев населения и представителей производства, имеющих непосредственное отношение к изделию на различных стадиях его жизненного цикла. Во-вторых, оценивание выполняется экспертами в условиях концептуальной неопределенности и субъективного понимания многих потенциально важных свойств и индивидуальных особенностей изделия, предлагаемого в инновационном проекте. Поэтому следует ожидать, что результаты экспертизы, определяющие практическую значимость и возможность реализации постулируемых в проекте свойств изделия, будут существенно различаться.

Следовательно, можно полагать, что на каждом s -м уровне оценивания в каждом классе $\Omega_1, \dots, \Omega_5$ для показателей Q_{njs} будет действовать весь диапазон изменений показателей μ_{njs}^k в интервале $[0,1]$. Отсюда следует ряд принципиально новых и практически важных задач организации и реализации экспертизы в инновационной деятельности. Среди них выделим две. Первая: разработка для каждого класса $\Omega_1, \dots, \Omega_5$ рационального подхода к классификации результатов экспертного оценивания, определяемых показателями μ_{njs} . Вторая: разработка аппарата оценивания качества экспертных результатов, позволяющего учитывать индивидуальные способности, компетентность, объективность и другие личностные качества эксперта. Эти задачи взаимосвязаны не только исходной информацией, но и общей целью — обеспечить практически приемлемый уровень достоверности экспертного оценивания. Для достижения этой цели в экспертную процедуру технологического предвидения введен показатель v_{njs}^k степени уверенности k -го эксперта в принятой им оценке j -го показателя n -го проекта на s -м уровне шкалы. Дополнительно к нему предлагается ввести показатель χ_m^k уровня компетентности k -го эксперта в m -й предметной области. Для определенной категории экспертов этот показатель известен априорно, что учитывается при приглашении специалистов в состав экспертов. Для других категорий экспертов может использоваться тестирование или иные формы оценивания компетентности.

Процедуры оценивания качества экспертизы. Оценивание качества экспертизы с использованием показателей v_{njs}^k и χ_m^k целесообразно реализовать на основе теории группированной выборки [14]. Для этого необходимо для каждого класса $\Omega_1, \dots, \Omega_5$ по соответствующим значениям показателей v_{njs}^k и χ_m^k определить взвешенные значения экспертных оценок, используя массивы (1)–(4), и вычислить математическое ожидание и дисперсию по каждому показателю каждого инновационного проекта и по каждому проекту в целом. Затем следует вычислить те же показатели по каждому классу и определить в каждом классе степень концентрации индивидуальных оценок относительно математического ожидания. Далее, используя полученные результаты, определяется качество экспертизы в це-

лом и в каждом классе на основе принятых критериев значимости и заданных Заказчиком значений доверительной вероятности.

В заключение отметим, что предложенные принципы и подходы к реализации стратегии и процедур технологического предвидения открывают новые возможности повышения эффективности инновационной деятельности, а также оперативности принятия и реализации стратегически важных решений в процессе управления инновационным развитием предприятий и отраслей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Godet M.* Reducing the Blunders in Forecasting // *Futures*, 1983. — **15**, № 3. — P. 181–192.
2. *Форрестер Дж.* Мировая динамика. — М.: Наука, 1978. — 167с.
3. *Згуровський М.З.* Науково-технологічне передбачення як механізм інноваційного розвитку // Утвердження інноваційної моделі розвитку економіки України. Матеріали наук.-практ. конференції. — Київ: НТУУ «КПІ». — 2003. — С. 69–82.
4. *Пріоритети та інструменти інноваційного розвитку України* // Матеріали засідання круглого столу 18 грудня 2002 р. Національний інститут стратегічних досліджень. — Київ: Альтерпрес. — 2003. — 47 с.
5. *Zgurovsky M.* The scenario analysis platform as a methodological base of the national foresight program of Ukraine // *System Research and Information Technologies*. — 2003. — № 1. — P. 7–25.
6. *Згуровский М.З., Панкратова Н.Д.* Информационная платформа сценарного анализа в задачах технологического предвидения // *Кибернетика и системный анализ*. — 2003. — № 4. — С. 112–125.
7. *Панкратова Н.Д.* Проблеми формування ринку наукоємної продукції // Утвердження інноваційної моделі розвитку економіки України. Матеріали наук.-практ. конференції. — Київ: НТУУ «КПІ». — 2003. — С. 69–82.
8. *Сергієнко І.В.* Інформатика в Україні: становлення, розвиток, проблеми. — Київ: Наук. думка, 1999. — 354 с.
9. *Панкратова Н.Д.* Общие тенденции и системные проблемы развития информационных технологий // *Проблемы управления и информатики*. — 1999. — № 1. — С. 58–68.
10. *Панкратова Н.Д.* Рациональный компромисс в системной задаче концептуальной неопределенности // *Кибернетика и системный анализ*. — 2002. — № 4. — С. 162–180.
11. *Експертні оцінки в соціологічних дослідженнях* / Отв. ред. С.Б. Крымский. — Киев: Наук. думка, 1990. — 320 с.
12. *Панкова Л.А., Петровский А.М., Шнейдерман М.В.* Организация экспертизы и анализ экспертной информации. — М.: Наука, 1984. — 120 с.
13. *Драгалін А.Г.* Математический інтуїціонізм. Введення в теорію доказательств. — М.: Наука, 1979. — 256 с.
14. *Панкратова Н.Д.* Математическое обеспечение задач технологического предвидения применительно к отрасли промышленности // *Системні дослідження та інформаційні технології*. — 2003. — № 1. — С. 26–33.

Поступила 11.04.2003